

砂防施設の変遷と社会的背景

大久保 駿

おおくぼ しゅん

社団法人 全国治水砂防協会 理事長



1

砂防施設の変遷

江戸時代前期頃までは山地の荒廃を防ぐため、伐採などを禁止・制限するという対応であったが、次第に植林などにより積極的に山地を安定させるようになってきた。1683年の近畿地方の災害を契機に土砂留支配役の制度がつくられ、河村瑞軒の指導のもとに山腹工とその基礎工として鎧留、築留、石垣留などの砂防工事が行われた。禿緒地の侵食防止、植林の際の地盤安定のためのものであるが、わが国で初めての砂防堰堤の原型を見ることができる。

1700年代半ば頃から広島県下福山藩に砂留写真-1が多く施工されはじめた。江戸時代の代表的な溪流砂防工事で、溪床堆積土砂の流出防止機能をもつものとなっている。

幕末の混乱で一時中断されていた砂防工事は、明治元年(1868)の淀川大水害を契機に再開された。明治6年(1873)には「淀川水源防砂法」が公布され、明治10年(1877)、内務省土木局設立と同時に始まった14大河川の改修工事と並行して、明治11年(1878)、淀川などの8大河川で直轄砂防工事が開始された。この間の砂防工事は、いまだ溪流工事までには及ばず、土砂生産の激しい禿緒地の山腹工を主体とする工事が中心であった。

江戸時代よりはるか以前から、神社の造営による森林の伐採、薪炭林の伐採、新田の開発、鉱山開発や陶土採掘、陶業のための燃料材の伐採、焼畑農業など、木材資源の活用などにより禿緒地や荒廃地を現出したが、その結果土砂の流出などによる河川の埋塞、田畑の埋没、土砂の氾濫による人家への被害、舟運への障害、港の埋塞などが生じてきた。

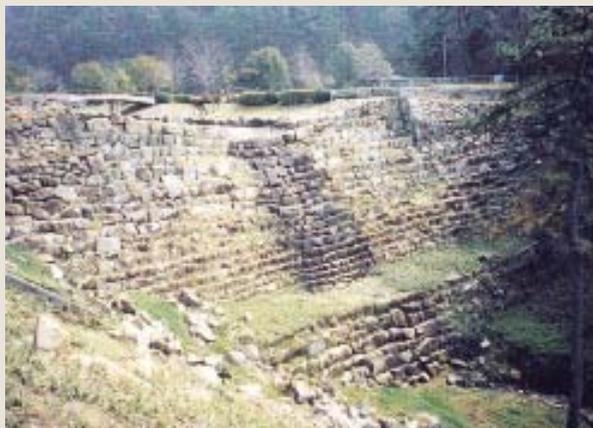


写真-1 福山藩・堂々川6番砂留



写真-2 錯堰堤

明治政府はオランダ人技師を招聘し各地の河川改修の指導に当たさせたが、これがその後の砂防の歴史に大きく影響を及ぼした。そのなかのデ・レーケが舟運として重要な役割をもっていた淀川と物資集散の重要な港である大阪港を見て、その機能を十分確保するには河川改修に先行して上流山地からの土砂流出の抑制など砂防工事が必要であると明治政府に建言し、流域全体としての治水のあり方を示した。技術的にも日本各地に存在する既存の古来工法を取り入れ、山腹工と土木的手法を結合させて砂防工法を改良・発達させていった。

デ・レーケ工法は基本的には山腹工であるといわれるが、不安定土砂の固定や土砂の貯留、調節、山脚固定や水を貯める機能など広い効果を期待する巨石積の砂防堰堤などを積極的に築造した**写真-2**。

明治30年(1897)、砂防法が制定された。淀川に見られるように下流への土砂流出を抑制するため、砂防工事は上流荒廃山地での山腹工が主体であった。山腹工には必要な小規模水路や谷止め、張石、段切工などの土木手法が併用された。

デ・レーケなどの技術者が政府に対して広く建言していた時代は砂防事業は進展していったが、デ・レーケの帰国とともに政府に対する建言の機会が減り、砂防の発展が滞ることとなる。

明治37年(1904)、東京帝国大学に開設された「森林理水及砂防工学講座」にオーストリアからホフマン教授を招聘してオーストリアの砂防思想を導入した。愛知県瀬戸にあるホフマン工事は、山腹基礎工と併せて、禿嶺地への植物の自然導入を促すことを目的としたもので、初めてオーストリア流砂防が現地に適用されたものといわれる。

明治末期から大正にかけて諸戸北郎や村上恵二、赤

木正雄などが相次いでオーストリア等に留学し、オーストリア流の溪流砂防の思想や技術を日本に導入することとなり、わが国の砂防技術が体系づけられていく。溪流を横断する砂防堰堤や床固工を設置して、溪床土砂の流出防止・固定、流出土砂の貯留、調節の機能を発揮させるようになってきた。

大正に入るとセメントの実用化に伴い、砂防堰堤についても大正6年(1917年)芦安堰堤**写真-3**で初めてセメントが用いられるようになり、飛躍的な変化をとげる。上流禿嶺地の手当てより溪流工事による土砂の流出防止・抑制を優先する流れを促した。大きな溪流の谷の出口の勾配変化点上流に広大なポケットを有する貯砂容量の大きい大規模砂防堰堤が盛んに造られるようになり、設計施工技術も格段に進歩し重力式堰堤の他にアーチ堰堤等も用いられた。砂防堰堤の施工地が上流部から人の生活領域に近接した中流部へ変わっていき、構造物の安定性や信頼性の高い設計思想が取り入れられ、砂防技術の進歩を促した。高い堰堤による貯砂機能だけでなく、溪流の土砂の流出防止と溪床固定のための堰堤を階段状に複数設ける工法なども採られ、粗石コンクリート、玉石コンクリート、練石積コンクリート、重力式コンクリートなどの多様な堰堤が造られるようになった。

諸戸北郎は明治38年(1905)から45年(1912)までオーストリアに留学し砂防技術を修得し、これを集大成し大正4年(1915)『理水及砂防工学』を著し砂防技術を体系化した。

赤木正雄は大正3年(1914)に内務省に入り、その後オーストリアに留学した後、大正14年(1925)から内務省で全国の砂防を専管して担当することとなる。オーストリア流の溪流砂防の必要性を痛感し、従来の、砂防法が前提としていた、下流への土砂流出を抑制するための上流



写真-3

下部重力式堰堤は大正6年に施工。上部アーチ式堰堤は大正13年に施工

山地での山腹工中心の砂防を溪流工事主体の砂防に変えていく。以降の砂防は赤木の影響を大きく受けることとなる。赤木は昭和14年(1939)「溪流及砂防工学」を著すが、そのなかで砂防施設の機能を、①溪床の洗掘竝に溪岸の浸蝕を防ぐ、②溪床を高めて兩岸山脚を緩傾斜となし、したがって山腹の崩壊を防ぐ、③流出土砂の貯留をなす、④溪床勾配の緩和竝に乱流の整治をなす、⑤高水の調節をなす、と砂防堰堤の目的を整理したが、水力発電、上水道、灌漑用水など砂防堰堤の多目的利用にも積極的であった。

第1次世界大戦後の世界大恐慌はわが国にもその影響をもたらし、農村が困窮した。農村救済のため農村救済事業が起こされたが、砂防事業がその大きな役割を受けもった。困窮した農村の雇用の機会と現金収入の道を開く効果があったが、土砂災害に悩む農村を安定させた。

京都府の雲原村は昭和9年(1934)の室戸台風でさらに大きな被害を受けた。単なる災害復旧ではなく農村づくりを目指し、砂防堰堤と流路工に種々の農村振興事業を合わせて安定した地域を創り出した。赤木正雄は農村地域での砂防事業の雛形を創り出そうとしたといわれる。

戦局が次第に厳しくなっている昭和13年(1938)、神戸を中心に阪神大水害が起こった。大都市の大きな人命被害であったが、主要交通網の途絶による物資輸送、経済活動の停滞などが戦時体制下で大きな影響を及ぼし、いち早く直轄砂防事業として復興に着手された。流路の短い急勾配溪流の谷の出口の容量の大きな堰堤の築設と下流の流路工の整備であった。昭和42年(1967)災害時、住吉川の五助堰堤(堤高30m)写真-4が土石流を貯めて災害を回避した事実は有名である。

第2次世界大戦中から戦後にかけて砂防事業はほとんど休止状態であった。戦時中、資材や労力不足のため、「戦時工法」なるものが行われ、砂防堰堤でも堤体内の一部に粗石を埋め込んだ「粗石混合積」砂防堰堤が用いられたことがある。

砂防堰堤の効果を土砂量で理論的に説明することが必要になり、木村弘太郎は木村構想を発表した。山腹工を主体として土砂生産を直接抑える直接工事と、砂防堰堤の貯留・調節機能を期待する間接工事の組み合わせで砂防計画を論じた。

昭和33年(1958)に河川砂防技術基準(案)が制定され、このなかで砂防の工法を9つの区分に分類し、流域とし

ての土砂処理計画を行うこととした。この基準(案)制定と前後して砂防堰堤にアーチ堰堤が採用されるようになり、厳しい地形条件のなかでの設計・施工技術が進展した。経済断面として設計できる三次元堰堤も試みられた。昭和36年(1961)を境に直営工事から請負工事に切り替わることとあいまって、砂防堰堤の形式や設計法が次第に規格化、標準化され、各地に施工される砂防堰堤は重力式コンクリート堰堤が主流となっていった。とくに、アーチ堰堤などは良好なサイトが減ったこともあり、次第に用いられなくなってきた。

昭和41年、山梨県の足和田村の土石流写真-5は多くの人命を奪うとともに集落を壊滅させ、一挙に本格的な土石流対策が進められることとなった。建設省は危険溪流調査を実施するとともに足和田村のように扇状地・谷の出口に存在する集落を土石流から守るために、各溪流の想定荒廃規模に対応した予防的砂防堰堤が必要とし、その調査も行った。すなわち、各溪流出口に容量の大きな砂防堰堤設置を促したのである。貯砂機能を重視している。

現在の技術基準は平成16年に定められ、砂防堰堤の目的を土砂生産抑制施設と土砂流送制御施設に分け、それぞれ①山脚固定による山腹の崩壊などの発生又は拡大の防止又は軽減、②溪床の縦侵食の防止又は軽減、③溪床に堆積した不安定土砂の流出の防止又は軽減、および①土砂の流出抑制あるいは調節、②土石流の捕

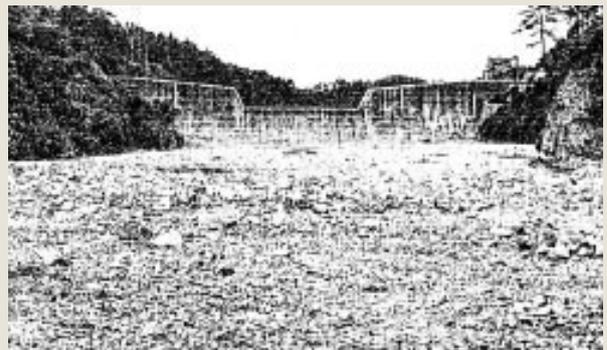


写真-4 五助堰堤

捉あるいは減勢、とした。砂防堰堤の形式については、すでに透過型砂防堰堤の採用が広く行われていたことから透過型と不透過型に分け、土砂の調節、供給を意識した分類とした。

スリット堰堤に代表される調節・調整を期待する透過型砂防堰堤に加え、より積極的に土砂を下流に「流す砂防堰堤」という意図をもった大暗渠砂防堰堤も採用されている。

土石流が頻発したり、保全対象に近接する砂防堰堤の除石工が神戸市背後の六甲山で採用されたり、火山地域で制度化された。現在では、砂防の一つの工法として土石流対策指針に位置づけられている。

平成3年の台風19号は九州を中心に風倒木を大量に発生させ、これが土石流とともに流木として流出し災害を拡大した。従来からも試みられていたが、流木対策施設設置が一挙に広がった。

火山砂防事業を通常砂防事業から独立させ、火山泥流を貯め込んだり分散させるため広大な遊砂地や樹林帯などの施設が設置されたり、溶岩流対策も行われている。

地すべり地の脚部に設置するコンクリートブロック堰堤や枠堰堤などが用いられ、流出土砂の質的・量的調節をねらった鋼製堰堤などの新材料を使った砂防堰堤が各地で用いられるようになり、砂防堰堤の機能を多面的に捉えようとする試みが進んだ。

砂防堰堤の機能に生態の保全、維持などが期待され、魚道設置が急速に進められ、自然石の多用、樹林の設置なども行われた。さらに、景観上の問題から堰堤の形状、色、設置位置、材料、大きさなどについて議論が進むようになり、平成19年、景観形成ガイドラインが策定され、景観を考えた計画設計手法を提案するとともに、砂防施設の「機能美」も強調した。

多目的な機能、付加価値を期待する多様な形状・機



写真-5 足和田土石流で被災した西湖地区

能をもった砂防堰堤の設置が進められた。遊砂地や樹林帯など、土砂流出を抑制する一方、多目的に活用するための面的な整備が行われるようになった。砂防堰堤に水を貯め、種々の用水や水力発電への利用、堆砂の砂利資源としての活用、堆砂地や流路等の公園利用、砂防施設により安全になった土地の活用等である。荒れた土地を砂防堰堤などにより安全な可用地として再生させることは、とくに中山間地では大きな力となる。

2

砂防施設の工夫を

砂防堰堤は、その本来機能である土砂処理に加えて、多種・多様な機能を併せもったものにすることが大事である。

上流山地の溪流は基本的には縦断勾配を緩和して土砂の流出防止、流出抑制を図るため、砂防施設が果たす溪床堆積物の固定、流出防止は土砂処理機能として重要な要素である。下流扇状地や沖積部では、河道周辺の構造物の維持や自然環境などの課題があるが、溪床を可能なかぎり低下させることは安全性を高めることになる。

土石流対策としては、土石流のすべて、または一部を捕捉し、堆積させる機能が土砂処理機能として重要である。この場合は次の土石流に備えて除石を併せ行う。捕捉し、堆積させる方法だけでなく、山腹工や低堰堤工群等により土石流の生産源を安定化させ発生させない、また流動中の土石流のエネルギーを消耗させてつぶす、あるいは流れをそらせる等、溪流の状況を考慮に入れる工夫をする。

砂防堰堤の永続的な大きな作用は調節効果である。洪水間の調節効果に加え、一洪水中の土砂流出ピーク流量の低減、土砂流出ピーク時間の遅延などの調節効果も考える。流出土砂量の量的調節に加え、洪水流のもつエネルギー量の低減、流出土砂の構成材料の変化、土砂濃度の低減などの質的調整効果の活用を考える。洪水時大容量を確保するため、常時は土砂を流す、あるいは長い堆砂長・広い堆砂面や堆砂末端での勾配・川幅変化が期待できる堰堤のサイトを選定するなど、調節・調整の効果を高める工夫をする。

自然河道の狭窄部などにも、上流部での堰上げによる堆砂の促進や洪水時の大礫等の捕捉、洪水ピークの遅延や平滑化などの効果が期待できる場合がある。狭窄部

にスリット砂防堰堤を設置、あるいは水制を両岸から突き出すことによるスリット効果を創り出すなど、自然の調節効果を増進、活用、創出する工夫ができる。

流出土砂の調節という土砂処理機能に加え、下流河道等の維持のため積極的に土砂を供給・流すため、スリット砂防堰堤などを多様に工夫しさまざまな土砂処理が可能になる。

大規模崩壊の発生(流域に集中して発生する崩壊も含む)と火山活動に伴う災害への対応が課題になっている。水理計算にのらないが大きなかつ重大な土砂流出源となる大規模崩壊——マスマーブメント——や火山活動による土砂流出を流域の砂防計画のなかに反映し処理する必要があるが、今後の課題である。崩壊が起こった後の対策は危機管理対策の観点から、ハード及びソフトの両面で緊急対策、応急対策、恒久対策計画を策定しておくことが重要と考える。

砂防堰堤がすでに3万5000基を超え、その維持管理の問題が大きくなっていく。効率的で良好な堰堤のサイトも少なくなり、かつ昨今の公共投資抑制を考えると既設施設の効率向上のための改築、更新、機能増進そして長寿命化が必須となってくる。除石、嵩上げ、機能付加、補強、取替えなどを計画的に考える。永くもち、維持管理に経費のかからない砂防施設の設計に工夫が必要である。

砂防施設の計画・設計においても、溪流の上下流で計画される一連の堰堤の構造や材料が同一である必要はなく、きめ細かい計画・設計を行うことは経費節減につながる。省資源・省エネルギーをいっそう進めるためにも、また環境という観点からも大事な方策になっていく。

実際、以前から杵堰堤、自在杵堰堤やセルタイプの砂防堰堤など現地材料活用の工法が開発されてきた。このタイプのもっとも古いものは「籠類」である。資源の有効活用や自然の環境に馴染みやすいという利点から今後さらに復活して活用されるようにするのがいい。

最近ではCGS工法、INSEM工法、ISM工法など、現地材料を現位置で堤体材料として活用する施工法、材料の開発が行われているが、省資源・省エネルギーの観点からも今後大いに実用されていくものである。掘削残土の骨材や砂防堰堤の材料などへの転用、掘削残土発生の軽減、現位置での短時間施工、危険箇所での無人化施工に適した工法・施工法、環境負荷の最小化を考えた施工法や施設の工夫を進める。

自然のなかに人工的な構造物を造るのであるから、その周辺の自然状況が変化するのはやむをえないとしても、その影響を最少限にする。むしろ、新しいそして良好な環境を創造したり、癒しを感じる施設を造る。安芸の宮島の紅葉谷**写真-6**は訪れる人に癒しを感じる新しい自然を見事に造り出した。松本郊外の牛伏川のフランス式階段工**写真-7**は上流域の大荒廃地の安定のための砂防工事の集大成のように造られたもので、流域の安定とともに、訪れる人に癒しと回復した自然の景観を提供している。また、動植物等の生態系の保全・存続・創出についてもこれを必須として施設配置・設計に反映する。

砂防施設を自然環境を構成する一つの風景として見られるものにすることが必要である。①自然への負荷の軽減、②環境との共生、③重要な資源である"景観"を大事に、④自然に融和、⑤機能美を造る、⑥視点場、⑦谷全体の景観等、自然や景観を考慮した砂防施設のデザイン・設計が必要である。前法や放水路など砂防堰堤の多様な形状、壁構造からの脱却、材料、高さなどの規模の検討が必要である。自然環境や景観と共生できる施設にするためには、施設の機能や形、材料、規模などに細心の注意が必要である。画一的でない、人工的装飾のない個性と品格のある施設のデザインが必要である。

内務省技師、田辺義三郎が設計・施工を指導した天



写真-6 上：昭和20年枕崎台風による被災状況
下：秋には紅葉を一段と演出する紅葉谷橋

神川の「鎧堰堤」および草津川の「オランダ堰堤」や、京都府技師、市川義方がわが国古来の工法の有効性を主張し、渓床土砂を固定する土堰堤を主体とし天端下流法だけを石積にした不動川の石堰堤にもその答えを見出せる。

明治24年(1891)に井上清太郎は「砂防工大意」をまとめている。山腹工の基礎工として発達した谷止工は次第に溪流内の不安定土砂の固定、土砂の貯留、調節、山脚固定などの役割をもつ砂防堰堤へと進展していった。このような施設は、今なおしっかりと溪流を安定させ、自然に馴染んで落ち着いて存在している。現地材料を活用できること、現地溪流の状況に合わせて馴染ませてつくることができること、周辺環境に与える影響を軽減できることなど、わが国古来の工法を再発見して活用していくことが望ましい。とくに設計にあたっての細やかな考察、工夫、心配りは「現地をよく見た設計」という点で参考にするべきところが多い。

砂防施設を活用することによって生み出される「プラス効果」「付加価値効果」を考え、その方策を検討する。砂防施設の「土砂処理機能」としての機能以外の、①多様な資源の保全と創出、②自然環境の保全と回復、創造、③緑の回復・創造、④レクリエーションの場の提供、⑤溪流斜面のもつメディカル効果の活用、⑥安全な土地を生み出す、その活用、⑦地域振興の核としての砂防施設

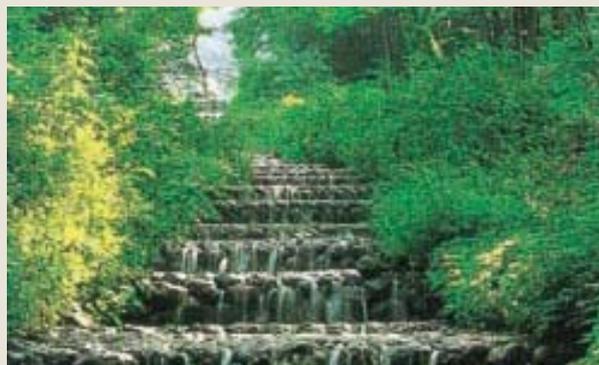


写真-7 上：上流白影沢 下：フランス式階段工

の役割、⑧地域の顔をつくり出す、など砂防施設の多様、多面的な活用を図り、地域に根ざした砂防を目指すべきである。

地域に存在する要望、潜在的需要を把握したうえで、提案、計画段階から地域、住民などに広く参画してもらう。地域が提案し、造るという行為が施設に愛着をもたせ、自分たちのものという自覚を生み、地域の宝としてその後の維持管理が地域一体となって行われるという大きな効用がある。

3

まとめ

流域全体の完成形を目指して、その計画の一部として施設を設置し安全度を高めていくのにあわせて、当面の守るべき目標を設定し支障を排除する、という「段階計画」のような考え方とその実施が望まれる。流域の状況、災害の程度・頻度、保全対象の規模・重要性など、諸処の条件を考慮しながら当面の支障排除を考えた砂防計画は「地域の視点に立った砂防」になっていくと思う。

砂防施設は技術的な研究・開発や現地適用による改良などの歴史を経て変遷してきている。一方で、国土の管理や災害の様相、その対応、地域の要請など社会的な背景も大きく反映してきている。災害防止の技術という観点からすると、技術性と社会性の融合ということは大変大事である。すべてを克明に網羅して説明することは不可能であるが、砂防施設の変遷の動きについて重要と思われるものを記してみた。

砂防施設の機能は本来多様であるべきであり、砂防施設個々あるいは組み合わせによって機能を多種、多様に発揮させるよう種々の工夫を行う必要性を述べた。地域の特性、地域に何が必要かという視点で進める砂防は災害防止だけでなく、地域に活力をもたらす。

★データの出典

- 写真-1 広島県土木建築部砂防課『福山藩の砂留』平成9年
- 写真-2 滋賀県大津林業事務所『先人の築いた歴史資産をたずねて No.2』平成8年
- 写真-3 山梨県土木部砂防課『歴史的砂防施設 芦安堰堤』
- 写真-4 六甲砂防工事事務所『街のしあわせをまもって50年——六甲砂防50周年記念誌』平成2年
- 写真-5 足和田村役場企画振興課『台風26号災害からの復興まで』昭和44年
- 写真-6 広島県土木建築部砂防課『紅葉谷川の庭園砂防抄』昭和63年
- 写真-7 牛伏川砂防工事沿革誌編纂会『牛伏川砂防工事沿革史』昭和8年